

## Activités

### Activité documentaire 1. Étude d'un projet de parc éolien offshore

#### Commentaires

La Bretagne est une presqu'île énergétique c'est-à-dire qu'il n'y a aucune centrale nucléaire, et lorsque de gros appels d'électricité se produisent en période de froid rigoureux, EDF est amené à pratiquer des coupures pour délester. Il faut donc que de nouvelles ressources émergent.

#### Réponses

##### 1. Analyser les documents

###### 1. a. Des exemples d'énergie marine :

- l'énergie marémotrice, due aux mouvements de flux et de reflux des marées ;
- l'énergie hydrolienne, due aux courants marins ;
- l'énergie houlomotrice, due aux vagues.

**b.** D'après le texte, la Bretagne a produit 6 910 GWh d'énergie pour sa consommation finale en 2010. Or,  $1 \text{ Wh} = 3,60 \times 10^3 \text{ J}$  d'où  $\mathcal{E} = 6\,910 \text{ GWh} = 6\,910 \times 3,60 \times 10^3 \text{ GJ}$ .

De plus, on sait que  $1 \text{ tep} = 41,868 \text{ GJ}$ .

On en déduit que :

$$\mathcal{E} = \frac{6910 \times 3,6 \times 10^3}{41,868}$$

$$\mathcal{E} = 594 \times 10^3 \text{ tep} = 594 \text{ ktep}$$

D'après le graphique, l'énergie produite en 2010 vaut environ 590 ktep.

Les deux valeurs sont cohérentes.

**c.** La production d'électricité primaire augmente doucement depuis 2001 : entre 2001 et 2010, elle a été multipliée par 2,7. Cette augmentation participe à celle de la production d'énergie totale qui atteint, en 2010, 594 ktep, soit 8,3 % des besoins couverts contre 5,5 % en 2001.

Rappel : l'électricité primaire est l'électricité d'origine nucléaire, hydraulique, éolienne, solaire, photovoltaïque et géothermique.

**d.** Une éolienne est un dispositif permettant de convertir l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique ou électrique. En général, elle a un rendement de conversion d'énergie  $\eta$  égal à 20 %.



$\mathcal{E}_c$  : énergie cinétique du vent  
 $\mathcal{E}$  : énergie mécanique ou électrique

## 2. Interpréter

**1. a.** Une turbine offshore ayant une puissance moyenne  $\mathcal{P} = 5,0$  MW peut produire  $\mathcal{E} = 15$  GWh d'énergie électrique par an.

La relation  $\mathcal{E} = \mathcal{P} \times \Delta t$  entraîne :

$$\Delta t = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{P}} = \frac{15 \times 3,6 \times 10^{12}}{5,0 \times 10^6}$$

$$\Delta t = 11 \times 10^6 \text{ s}$$

$$\Delta t = \frac{11 \times 10^6}{3600} \text{ h} = 3055 \text{ h} = 3,0 \times 10^3 \text{ h}$$

mais l'éolienne ne fonctionne à pleine puissance que 45 % du temps d'après le document 2 :

$$\Delta t = 0,45 \times 3,0 \times 10^3 = 1,35 \times 10^3 \text{ h} = 56 \text{ j}$$

Pour qu'une telle éolienne produise 15 GWh d'électricité, il faut qu'elle fonctionne environ 56 jours par an, ce qui est peu ! On peut donc supposer que cette éolienne fonctionnera sur une durée plus longue et permettra de produire davantage d'énergie.

**b.** En 2010, la Bretagne ne couvrait que 8,3 % de ses besoins en énergie. L'installation des 600 éoliennes offshore doit permettre d'atteindre une puissance de 3 GW soit l'équivalent de deux réacteurs nucléaires. Ce projet devrait aider cette région à obtenir son indépendance énergétique.

## 3. Conclure

Avantages de l'éolien offshore	Inconvénients de l'éolien offshore
matériel résistant aux contraintes	coût important
durée de vie assez longue	pleine puissance 45% du temps
l'éolien offshore est plus rentable que l'éolien terrestre	gêne les pêcheurs : modification de la zone de pêche
énergie renouvelable	gêne pour la faune et la flore sous-marine
pas d'épuisement des ressources	gêne les oiseaux
pas de pollution	gêne la circulation maritime
	gêne sonore et visuelle : impact sur le tourisme et le paysage
	implantation géographique limitée

## Activité documentaire 2. Économies d'énergie dans l'habitat

### Commentaires

L'objectif est de diminuer la part du bâtiment dans la consommation d'énergie en améliorant la construction.

### Réponses

#### 1. Analyser les documents

**a.** En 2004, le secteur du bâtiment représente 43,5 % de la consommation d'énergie française, ce qui est énorme ! Le Grenelle de l'environnement impose une réduction de la consommation énergétique des bâtiments.

**b.** Le solaire, la géothermie, la biomasse, l'éolien sont des ressources d'énergie renouvelables permettant de produire de l'énergie domestique.

**c.** Un arbre à feuilles caduques renouvelle ses feuilles chaque année. C'est pourquoi un tel arbre peut être utilisé pour réduire l'apport solaire en été ; tandis qu'en hiver, lorsque les feuilles seront tombées, les rayons du soleil pourront venir chauffer le bâtiment. C'est pourquoi un arbre à feuilles caduques doit être planté devant la terrasse, au sud ou à l'ouest de la maison écologique afin que son ombre rafraîchisse le bâtiment en été, aux heures chaudes.

**d.** Les pièces à vivre (salle à manger, salon) sont orientées au sud pour profiter des apports solaires en hiver et d'une bonne luminosité toute l'année. Un toit débordant limite les surchauffes en été et abrite de la pluie en hiver.

À voir : <http://www.ademe.fr/alsace/pdf/Plaque-HQE.pdf>

#### 2. Interpréter

**a.** À partir de 2013, la consommation maximale d'énergie primaire autorisée est de 50 kWh par mètre carré et par an. Pour que l'utilisateur dispose de 1 kWh d'énergie électrique, il faut qu'une centrale électrique produise 2,58 kWh d'énergie primaire. Pour 1 m<sup>2</sup>, l'énergie maximale autorisée vaut :

$$\frac{1 \times 50}{2,58} = 19 \text{ kWh}$$

soit 19 kWh·m<sup>-2</sup>·an<sup>-1</sup> autorisé pour une maison neuve « tout » électrique.

**b.** L'isolation de cette maison semble défailante au niveau des fenêtres puisqu'elles apparaissent en rose sur le document 3: les déperditions thermiques sont importantes puisque la température de la paroi est élevée par rapport à celle des autres zones.

**c.** Pour la maison du document 2 :

$$\text{énergie produite} = 4\,700 + 3\,300 + 5\,000 = 13\,000 \text{ kWh}$$

$$\text{énergie consommée} = 14\,000 + 500 = 19\,000 \text{ kWh}$$

Sur un an, le bilan énergétique est de :

$$\text{énergie produite} - \text{énergie consommée} = 13\,000 - 19\,000 = -6\,000 \text{ kWh}$$

La maison consomme davantage d'énergie qu'elle n'en produit. Ce n'est pas une construction à énergie positive.

### Activité documentaire 3. Économies d'énergie dans les transports

#### Commentaires

D'après le DOC. 1 de l'activité 2 page 428, les transports représentent près du tiers de la demande énergétique et c'est le pétrole ressource non renouvelable qui en est la principale source. Il faut donc trouver des méthodes alternatives.

#### Réponses

##### 1. Analyser les documents

a. Trois types de moteur sont évoqués dans le document 1 : le moteur thermique, le moteur électrique et le moteur hybride.

b. Le moteur thermique a supplanté le moteur électrique du fait de :

- record de vitesse ;
- meilleur rapport entre la performance mécanique et le coût ;
- facilité d'usage et d'approvisionnement en carburant.

c. Le biocarburant est un carburant produit à partir de matériaux organiques non fossiles, provenant de la biomasse : c'est un agrocarburant. Les agroressources sont les végétaux qui fournissent des composés de base nécessaires à l'énergie, la chimie et les matériaux, ce sont des matières premières renouvelables.

d. Les solutions alternatives proposées sont :

- de nouveaux carburants : les biocarburants ;
- de nouveaux moteurs : les moteurs hybrides.

	Avantages	Inconvénients
<b>Biocarburants</b>	écologiques, cultures dédiées	en concurrence avec les cultures vivrières s'il s'agit du biocarburant de 1 <sup>re</sup> génération
	économie d'énergie fossile	
	facile à utiliser	
	limitation des émissions de CO <sub>2</sub> anthropique	
<b>Moteurs hybrides</b>	adapté au trajet urbain et périurbain	faible autonomie
	la batterie se recharge en phase de décélération et de freinage	manque de bornes pour recharger
	limitation de la pollution	nécessité de produire plus d'énergie électrique.

e. La consommation de carburants devrait diminuer dans les 40 prochaines années. L'utilisation du pétrole comme carburant devrait aussi diminuer, du fait de sa rareté et de son coût. Le moteur thermique sera de moins en moins utilisé au profit du moteur électrique, du moteur hybride ou du moteur utilisant une pile à hydrogène. L'utilisation des biocarburants devrait aussi augmenter.

## 2. Interpréter

**a.** Le tep : unité conventionnelle permettant de réaliser des bilans énergétiques multi-énergies avec comme référence l'équivalence en pétrole. Elle vaut par définition 41,868 gigajoules (GJ), ce qui correspond au pouvoir calorifique d'une tonne de pétrole.

1 tep = 41,868 GJ et 1Wh =  $3,6 \times 10^3$  J.

2,5 millions de tep =  $2,5 \times 10^6$  tep =  $2,5 \times 10^6 \times 41,868 \times 10^9$  J =  $1,0 \times 10^{17}$  J =  $1,0 \times 10^8$  GJ.

2,5 millions de tep =  $\frac{1,0 \times 10^{17}}{3,6 \times 10^3} = 2,8 \times 10^{13}$  Wh =  $2,8 \times 10^{10}$  kWh.

L'énergie économisée grâce aux biocarburants ( $1,0 \times 10^8$  GJ) correspond à l'énergie fossile contenue dans 2,5 millions de tonnes de pétrole.

**b.** Pour recharger la batterie d'une voiture électrique, il faut que de l'électricité soit produite en amont. Les besoins énergétiques sont donc déplacés d'une ressource (le pétrole) vers d'autres (nucléaire, solaire, éolien, hydrolien, etc...).

**c.** La filière biocarburant est contestée car elle utilise des surfaces de terres qui pourraient être utilisées pour l'alimentation. Or, la population mondiale ne cesse d'augmenter et certains habitants souffrent de la faim.

**d.** D'après le document 2, les véhicules hybrides pourraient être des véhicules économes en énergie fossile s'ils étaient utilisés uniquement en mode électrique. Donc, pour des trajets inférieurs à 25 km et pour des vitesses inférieures à  $25 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

## Activité documentaire 4. Économies d'atomes et limitation des déchets

### Commentaires

La chimie est souvent considérée comme une industrie polluante, responsable de bien des problèmes environnementaux. Cependant, la chimie tend toujours à devenir plus propre ; pour quantifier la limitation des déchets, on peut utiliser l'économie d'atomes.

### Réponses

#### 1. Comprendre les documents

a. Le rendement d'une transformation chimique est le rapport de la quantité de matière obtenue du produit d'intérêt sur la quantité de matière attendue.

Le rendement d'une transformation chimique est insuffisant pour rendre compte de l'efficacité d'un procédé industriel car il ne tient pas compte des autres produits obtenus, dont notamment des déchets et de la pollution occasionnés.

b. Les objectifs de la chimie durable sont :

- minimiser les quantités d'espèces chimiques introduites ;
- rendre les procédés de synthèse moins polluants ;
- consommer moins d'énergie que par le passé ;
- limiter les déchets.

c. Les matériaux composites sont plus légers que des métaux ; ils nécessitent donc moins d'énergie pour leur transport.

d. Le nouvel émulsifiant utilisé pour fluidifier les bitumes est « biodégradable, moins toxique, obtenu par un procédé qui ne nécessite pas de solvant, qui ne produit pas de rejet et qui utilise des matières premières végétales naturelles jusqu'alors non ou peu valorisées, en particulier hors du domaine alimentaire ».

#### 2. Interpréter

a. Les valeurs de l'économie d'atomes, puisque  $m_A + m_B = m_P + m_Q$ , sont telles que :

$$m_P < m_A + m_B$$

$$0 < E_{\text{at}} = \frac{m_P}{m_A + m_B} < 1$$

$$0 < E_{\text{at}} < 1$$

Si  $E_{\text{at}} \approx 0$ , la synthèse n'est pas économe.

Si  $E_{\text{at}} \approx 1$ , la synthèse est très économe.

b. Pour la première synthèse historique :

$$E_{\text{at}} = \frac{M(\text{aspartame})}{\sum M(\text{réactifs})}$$

$$E_{\text{at}} = \frac{294}{133 + 165 + 2 \times 40 + 23,9 + 2 + 170,5 + 2 \times 108 + 197,5 + 2 \times 32 + 206 + 2 \times 2}$$

$$E_{\text{at}} = \frac{294}{1261,9} = 0,233$$

Pour la synthèse enzymatique :

$$E_{\text{at}} = \frac{M(\text{aspartame})}{\sum M(\text{réactifs})}$$

$$E_{\text{at}} = \frac{294}{223 + 179 + 2} = 0,728$$

La synthèse enzymatique est plus économe en atomes et respecte donc mieux ce critère de la chimie durable.

**c.** Une réaction chimique exothermique permet de « consommer » moins d'énergie que par le passé.

**d.** Un co-produit peut être réutilisé tandis qu'un sous-produit est un déchet inutilisable.

### 3. Conclure

L'économie d'atomes permet de quantifier deux objectifs de la chimie durable cités précédemment :

- minimiser les quantités d'espèces chimiques introduites ;
- limiter les déchets.

## Activité documentaire 5. Chimie douce et respect de l'environnement

### Commentaires

Quels sont les enjeux d'une chimie verte conforme au développement durable ? Il faut limiter la consommation énergétique lors des procédés chimiques.

### Réponses

#### 1. Comprendre les documents

- a. Pour que le dioxyde de carbone soit à l'état supercritique, il faut que la pression soit supérieure à 73 bar.
- b. Dans l'extracteur (étape 1), le dioxyde de carbone est à l'état de fluide supercritique. Puis lorsqu'il est détendu (étape 2), il devient gazeux ; le recyclage nécessite de le porter à nouveau à l'état supercritique.
- c. L'extraction au dioxyde de carbone est efficace et ne dénature pas le goût. Cette méthode ne laisse pas de traces résiduelles de solvants et a un bon impact sur l'environnement (utilisation d'un gaz à effet de serre) à un coût raisonnable.
- d. Travailler à température ambiante permet de faire des économies d'énergie.

#### 2. Interpréter

- a. Une extraction a pour but la séparation de diverses espèces d'un milieu réactionnel. Au lycée, le plus souvent, on veut séparer le produit d'intérêt des autres espèces du milieu : pour cela, on réalise une extraction par solvant : une extraction liquide-liquide.
- b. L'extraction au dioxyde de carbone supercritique nécessite de fortes pressions, elle n'est pas très économe en énergie. Cependant, elle préserve l'environnement puisque le dioxyde de carbone n'est pas toxique et est même un gaz à effet de serre.
- c. L'utilisation des microorganismes pour réaliser cette réaction dans le domaine de l'architecture permet de protéger les façades.
- d. Il est intéressant de contrôler la viscosité d'un gel pour le traitement des surfaces, afin de pouvoir déposer un film d'épaisseur faible et régulière.

#### 3. Conclure

Les trois objectifs de la chimie douce présentés dans ces documents sont :

- les économies d'énergie ;
- la protection de l'environnement ;
- tenter de travailler dans des conditions proches de celles de la nature.



## Activité documentaire 6. Valorisation du dioxyde de carbone

### Commentaires

Pour limiter les effets du dioxyde de carbone sur l'effet de serre, il faut tendre vers sa valorisation car le stockage comporte des risques.

### Réponses

#### 1. Comprendre les documents

a. Il est intéressant de valoriser le dioxyde de carbone, car c'est un gaz à effet de serre qui est fabriqué dans les centrales de production d'électricité, les raffineries, les cimenteries, les usines sidérurgiques.

b. Les disciplines concernées par les trois méthodes de valorisation du CO<sub>2</sub> sont la physique, la chimie et la géologie.

c. La masse de dioxyde de carbone valorisée par an lors la synthèse industrielle de l'acide salicylique.

La masse molaire de l'acide salicylique est  $M(C_7H_6O_3) = 138 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

La quantité de matière produite est donc :

$$n = \frac{7 \times 10^{10}}{138} = 5,07 \times 10^8 \text{ mol}$$

Il faut la même quantité de matière en dioxyde de carbone, d'après la stœchiométrie de l'équation.

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} \quad ; \quad m(\text{CO}_2) = 22,3 \text{ tonnes}$$

#### 2. Interpréter

a. La masse de dioxyde de carbone produite annuellement dans le monde est de 49 milliards de tonnes.

En comparaison avec la masse de CO<sub>2</sub> valorisée actuellement (153,5 millions de tonnes), cela représente un pourcentage de :

$$\frac{153,5 \times 100}{49 \times 1000} = 0,31 \%$$

b. La valorisation du CO<sub>2</sub> permet sa transformation, tandis que le stockage géologique n'est qu'une étape intermédiaire qui remet à une date ultérieure le problème de l'élimination du dioxyde de carbone.

c. Les différentes utilisations industrielles de l'urée :

- les engrais ;
- l'alimentation animale ;
- les matières plastiques ;
- en tant qu'agent de réduction des oxydes d'azote ;
- en biochimie ;
- en tant qu'additif alimentaire.

Les différentes utilisations industrielles de l'acide salicylique : l'acide salicylique est utilisé dans les domaines de la pharmacie et de la cosmétique comme agent kératolytique pour soigner les problèmes de cuir chevelu (pellicules) et comme agent comédolytique pour la peau (acné, verrues, eczéma).

L'acide salicylique est aussi utilisé pour la synthèse de produits pharmaceutiques, agents antiseptiques et arômes chimiques. On trouve aussi l'acide salicylique comme additif dans l'industrie alimentaire (conservateur), les produits d'entretien (maison) et l'industrie chimique (colorants, résines, vulcanisation du caoutchouc).

### **3. Conclure**

Il existe différentes manières de valoriser le dioxyde de carbone :

- sans transformation, le dioxyde de carbone est utilisé pour ses propriétés physiques, comme solvant ou comme réfrigérant par exemple ;
- par réaction chimique avec une autre espèce chimique fortement réactive, le dioxyde de carbone peut mener à la synthèse d'un produit chimique de base ou d'un produit à valeur énergétique plus forte que celle du dioxyde de carbone ;
- par l'intermédiaire de la photosynthèse au sein d'organismes biologiques, telles que les algues, le dioxyde de carbone peut être utilisé pour synthétiser des produits d'intérêt.